

## EFFECTO DE LA PRECIPITACIÓN SOBRE LA DINÁMICA HIDROLÓGICA DE LAS LAGUNAS DE LA CUENCA INFERIOR DEL RÍO COLORADO (PERÍODO 1981-2012)

V.S. ALIAGA<sup>1</sup>, V.Y. BOHN<sup>1,3</sup>, M.C. PICCOLO<sup>1,2</sup> & G.M.E. PERILLO<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET) - CC 804 B8000FWB Bahía Blanca

<sup>2</sup> Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur (UNS). Bahía Blanca

<sup>3</sup> Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur (UNS). Bahía Blanca

e-mail: valiaga@iado-conicet.gob.ar

**ABSTRACT.** The purpose of this study was to analyze the temporal dynamics of shallow lakes during the 2002-2012 years in the Colorado River Basin in relation to climate variability. Dry and humid periods were identified by water balance. Moreover, the influence of the extreme rainfall events on the shallow lakes in the region was analyzed. Shallow lakes area was estimated during three different years by satellite image processing (LANDSAT 5TM y 7 ETM+). Water bodies were classified according to geomorphological, hydrological and morphometric criteria during a normal period. According rainfall amounts, 2011, 2004 and 2008 were considered normal, wet and dry years, respectively. As a result, 15 (normal), 20 (wet), and 5 (dry) shallow lakes which covered an area of 13.05, 14.54, and 5.8 km<sup>2</sup> respectively were detected. A correlation between the area covered by water and the annual precipitation was obtained in the study area. As a result of the clustering method application, 3 groups of water bodies were defined. The first included the biggest and permanent water bodies (area > 1.5 km<sup>2</sup>). Group 2 included salt shallow lakes which Total Maximum Length (TML) orientation was N-S. The remaining group was composed by lakes located in the wettest area of the basin showing an E-W LMT orientation.

**Key words:** shallow lakes; pampean region; remote sensing; climate variability

**Palabras clave:** lagunas; región pampeana; sensores remotos; variabilidad climática

### INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos superficiales son de gran importancia en regiones que basan su economía en la producción agrícola-ganadera. El recurso hídrico es una de las principales limitaciones para el desarrollo de dichas actividades en muchas regiones del mundo, tanto en zonas áridas y semiáridas, como también en áreas con alta pluviosidad (Urrieta *et al.*, 2005). En la región Pampeana Argentina esta dinámica se manifiesta en la multiplicidad de sistemas productivos que dependen de la accesibilidad al agua de lagunas y ríos, principalmente para riego. El recurso hídrico constituye el componente central del humedal pampeano

y su drenaje se sitúa sobre suelos de alto potencial productivo (Bohn *et al.*, 2012). Esta región compone el área más productiva del país, con la mayor concentración de cuerpos de agua y mayor densidad de población. Las actividades agropecuarias son el principal factor modificador de pastizales y humedales (Quirós *et al.*, 2006).

La sucesión de períodos climáticos secos y húmedos en el marco de su geomorfología permitió el desarrollo de sistemas de humedales y de lagos muy poco profundos (Iriondo, 1984; 1989). Sus orígenes son diversos, muchos de ellos se deben a procesos de deflación eólica, luego remodeladas por la acción fluvial. En algunos casos las la-

gunas se formaron por el embalsado natural del agua de escorrentía. Otras comprenden antiguos canales de marea en un ambiente de marismas (Geraldí *et al.*, 2011).

Las lagunas de la llanura pampeana argentina poseen una dinámica espacio-temporal vinculada a la variabilidad climática. Son cuerpos de agua someros y altamente fluctuantes en salinidad y tiempo de renovación de agua en función de los ciclos de sequía-inundación característicos de la región (Quirós *et al.*, 2006). Su concentración salina permite clasificarlas como lagos subsalinos y salinos y, en algunos casos, como lagunas de agua dulce (Hammer, 1986). Su hidrología se ve afectada por el relieve llano, altamente dependiente de las precipitaciones *in situ* (Quirós *et al.*, 2002). En ciertos casos poseen elevada salinidad, conformando salinas y salitrales de carácter temporal durante períodos de sequía severos (Alvarellos De Lell y Hernández, 1982). Este caso es el más común al sur de la región pampeana, en su límite con la región patagónica. Entre las mesetas y antiguos valles se encuentran amplias depresiones convertidas en salitrales concentradas principalmente en las cercanías de la costa Atlántica (Morello *et al.*, 2012). El aporte fluvial es escaso, representado por una serie de arroyos de pequeño caudal. Una de las manifestaciones de la influencia norpatagónica es el desarrollo de repetidas sequías (Capelli de Steffens y Campo de Ferreras, 1994).

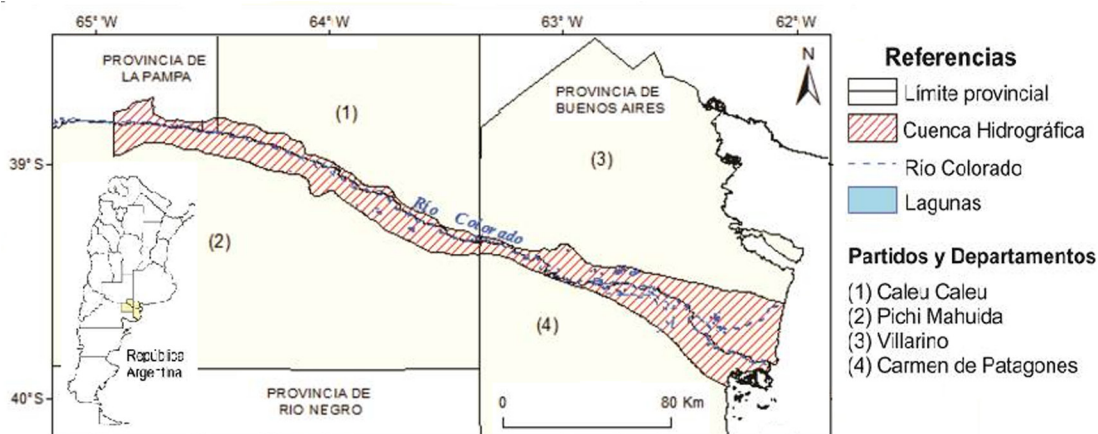
La alternancia de períodos secos y húmedos y sus condiciones extremas tienen importantes consecuencias sociales y económicas. Algunas de sus manifestaciones han sido el aumento de las precipitaciones promedio en la región, con el consecuente desplazamiento de la frontera agrícola así como también el corrimiento de los períodos de heladas hacia la primavera (Fernández Long *et al.*, 2005).

Se han realizado importantes estudios en lagunas de la provincia de Buenos Aires, específicamente en relación a su morfometría, calidad de agua y eutrofización, así como también aquellos referidos a su distribución espacial y su variabilidad durante períodos pluviométricamente diferentes (Dangavs, 2005; Dukatz *et al.*, 2005; Quirós, 2006; Torremorel *et al.*, 2007; Allende *et al.*, 2009; Bohn, 2009; Fornerón *et al.*, 2010; Geraldí *et al.*, 2011). Sin embargo, son escasos los trabajos en los que se estudia la evolución de las características físicas de las lagunas en relación a la variabilidad climática durante períodos prolongados y a nivel regional. Por ejemplo, Bohn (2009) analizó la distribución de lagos someros en el Sudoeste de la región pampeana en relación a la alternancia de períodos pluviométricamente diferentes. La variabilidad de dicho parámetro afectó directamente a las extensiones areales de las lagunas, así como también a la formación de nuevos cuerpos de agua intermitentes durante períodos húmedos.

Debido a que la precipitación es un factor clave en el funcionamiento de las lagunas pampeanas, los análisis multitemporales sobre la variación de sus extensiones areales son relevantes en el manejo de los recursos hídricos. El objetivo general del presente estudio es analizar la dinámica espacio-temporal de las lagunas de la cuenca hidrográfica inferior del río Colorado durante el período 2002-2012. Como objetivo secundario, se plantea realizar una clasificación de las mismas sobre la base de criterios geomorfológicos, hidrológicos y morfométricos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se extiende al Sur de las provincias de Buenos Aires y La Pampa, Argentina (Fig. 1). Constituye el sector inferior de la cuenca hidrográfica del río Co-



**Figura 1.** Cuenca inferior del río Colorado en las provincias de La Pampa y Buenos Aires

lorado, la cual tiene su origen en la cordillera de Los Andes y se extiende hasta la costa (Océano Atlántico), en dirección NO-SE marcando el límite entre la Patagonia y la Pampa argentina. La cuenca se asienta sobre una fosa intercratónica ubicada entre las mesetas norpatagónicas y la llanura chaco-pampeana. Presenta fallas predominantes en sentido Este-Oeste y un fuerte modelado por el viento en la mayor parte del territorio, mientras que en la zona de influencia del río Colorado predomina el modelado hídrico (Morello *et al.*, 2012).

La cuenca hidrográfica inferior del río Colorado se encuentra en un área de transición entre la región Pampeana y la región Patagónica. El clima es semiárido transicional a árido de estepa. La temperatura media anual es de 15 °C y la precipitación media anual varía entre 300 y 100 mm/año (Morello *et al.*, 2012). Fito-geográficamente, en el área de la cuenca inferior del río Colorado domina el Distrito del Caldén, dentro de la provincia denominada "Espinal" (Cabrera, 1976). El paisaje predominante es de llanura plana a suavemente ondulada, ocupada por bosques y pastizales, hoy remplazados en gran parte por la agricultura.

La delimitación hidrográfica de la cuenca inferior se realizó teniendo en cuenta las características geomorfológicas e hidrológicas de la región. Esta información, en complemento con un Modelo de Elevación Digital (DEM) (Jarvis, *et al.*, 2008), se integró en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Las fuentes cartográficas utilizadas para la obtención de información y validación fueron el Atlas de Recursos Hídricos de la Nación (SRH-INA, 2002) y cartas topográficas del área (IGM, 1967).

Para el análisis de la variabilidad climática se analizaron los datos de temperatura media mensual del aire y de precipitación anual correspondientes a la estación Hilarío Ascasubi (39°22'S - 62°39'W) (período 1981-2012) (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA). En relación a la precipitación normal (1981-2012) del área y el cálculo de los balances hídricos anuales (Thorntwaite-Mather, 1957), se determinaron años normales, secos y húmedos. Este último, permitió analizar las condiciones normales para el área de estudio de acuerdo a los volúmenes de excedente o déficit hídricos.

El análisis de la variabilidad de las lagunas y su cartografía se realizó mediante el procesa-

miento digital de imágenes satelitales LANDSAT 5 TM y 7 ETM+ (path/row 227/087) (CONAE) (Tabla 1). Se estudió la variación inter-anual del número de lagunas así como también los valores totales de superficie cubierta por agua, en cada período previamente seleccionado (húmedo, seco y normal).

**Tabla 1.** Imágenes LANDSAT 5 TM utilizadas para el año normal, húmedo y seco.

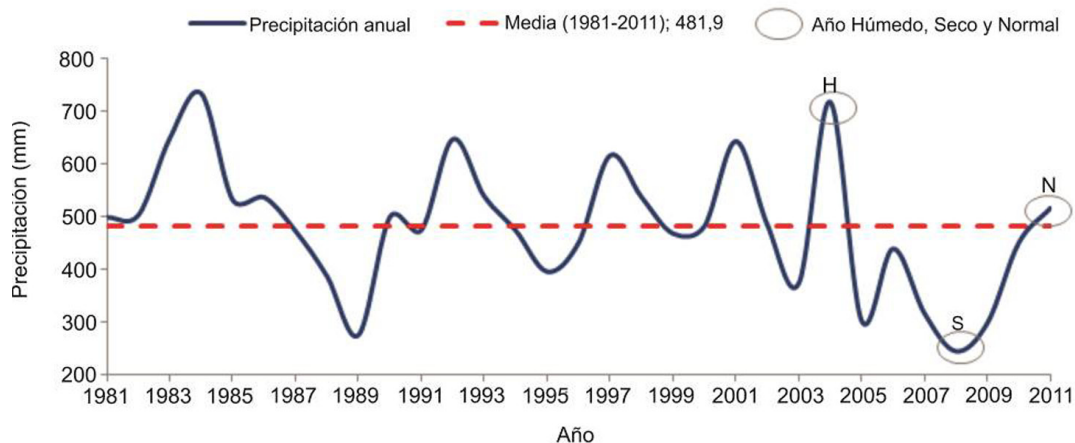
Fecha de Imágenes LANDSAT 5 TM - 7 ETM+			
Año húmedo	Año seco	Año normal	PATH/ROW
2004-01-20	2008-02-16	2011-01-23	227/87
2004-02-05	2008-11-30	2011-02-08	227/87
2004-03-08			227/87
2004-05-27			227/87
2004-07-30			227/87
2004-10-18			227/87
2004-12-21			227/87

Las lagunas correspondientes al período pluviométrico normal fueron clasificadas mediante estadística multivariada (cluster). Se aplicó el análisis de clusters sobre la base de variables cuantitativas-cualitativas y confección del dendograma. Se utilizó el demo de acceso gratuito de xlstat para Excel (<http://www.xlstat.com/en/download.html>). Los parámetros morfométricos considerados para realizar el análisis de agrupamiento de los cuerpos de agua fueron los siguientes:

Longitud Máxima Total (LMT), orientación de la LMT, área (A) de la laguna, perímetro (P), Desarrollo de la Línea de Costa (DLC) (Hutchinson, 1957). En relación al DLC, las lagunas se agruparon en circulares ( $DLC \leq 3$ ) y alargadas ( $DLC > 3$ ). Otras variables incluidas en el agrupamiento fueron el tiempo de permanencia del agua (Schwartz y Jenkins, 2000), precipitación anual (SRHN-INA, 2002), unidades geomorfológicas (meseta, llanura litoral y llanura marina) (INTA, 1989) y permeabilidad del suelo (INTA, 1989).

## RESULTADOS

Como resultado de la delimitación hidrográfica de la cuenca, se obtuvo un área de 4554,3 km<sup>2</sup>. Para la estimación de su límite norte se tuvo en cuenta un cambio notable en la pendiente topográfica (1,50 m/km en el extremo N y 0,20 m/km en su desembocadura en el Océano Atlántico). La precipitación media para el período de estudio (1981-2012) fue de 481,9 mm/año. La variabilidad climática en la región se manifestó mediante la sucesión de ciclos húmedos, secos y normales (Fig. 2). La mayor frecuencia de ciclos secos durante el período analizado se obtuvo en la última década: 2003, 2005 y 2008 con 372, 302, 244 mm/



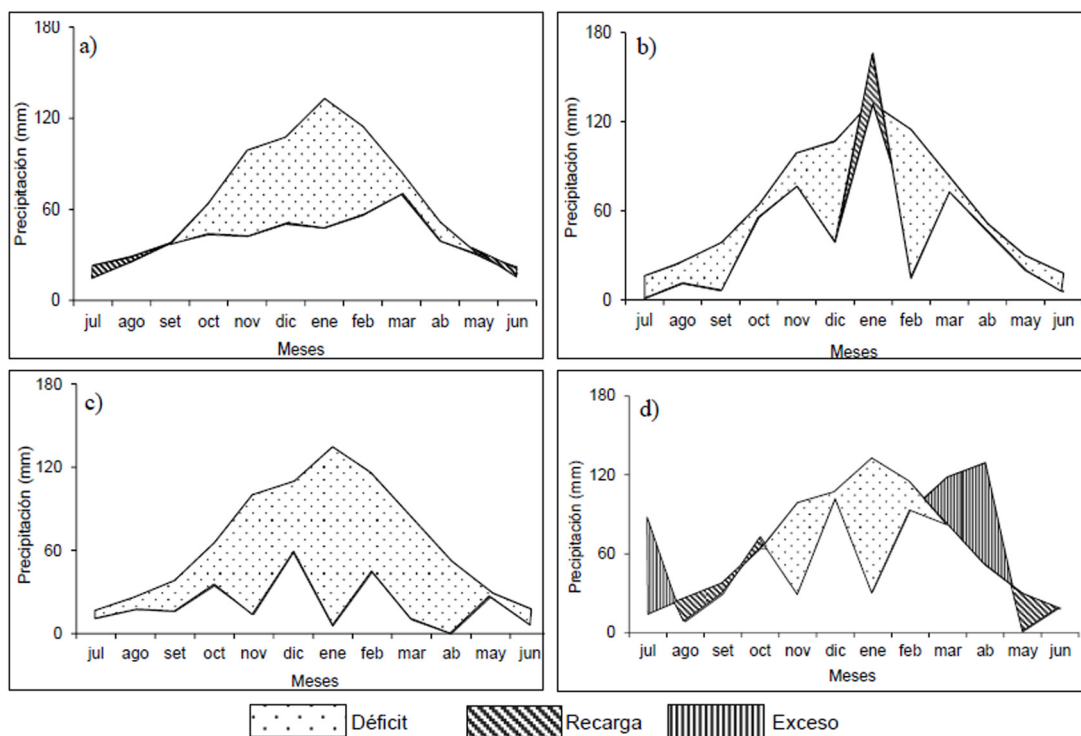
**Figura 2.** Variabilidad de la precipitación anual con respecto a la precipitación media (1981-2012). H: año húmedo, S: año seco y N: año normal

año, respectivamente. Estos últimos años coinciden con una importante sequía que se extendió entre los años 2005 y 2009 (Ferrelli *et al.*, 2012). Sin embargo, las menores precipitaciones se registraron en el año 1989 con 275 mm anuales (206 mm por debajo de la normal), mientras que las mayores se produjeron en el año 1984 con 732,7 mm anuales.

El balance hídrico promedio (período 1981-2012) para el área de la cuenca inferior del río Colorado registró un déficit de 289,7 mm/año. Dicho déficit se prolongó durante los meses de enero-mayo y septiembre-diciembre, intensificándose durante los meses de verano (Fig. 3a). El almacenamiento se produjo entre los meses de junio a agosto (34,2 mm). A escala anual no se generaron excesos y la precipitación excedió a la evapotranspiración en los meses

de mayo a agosto. Este comportamiento de las últimas tres décadas describe el régimen árido del sudoeste de la Región Pampeana.

Durante el año 2011 (normal), el déficit hídrico anual fue de 262 mm extendiéndose desde febrero a diciembre (Fig. 3b). El balance también mostró una recarga de 34 mm durante el mes de enero, el único mes en que la precipitación fue mayor que la evapotranspiración. El año 2008 se caracterizó por un período seco con precipitaciones que no superaron los 200 mm anuales. El déficit hídrico se prolongó durante todo el año con un valor total anual de 533 mm (Fig. 3c). En ese año se produjo una de las sequías más importantes de los últimos 50 años en la región. Este fenómeno climático ocasionó modificaciones en la cobertura del suelo en los partidos bonaerenses de Villarino y Patagones los que afectaron el desarrollo



**Figura 3.** Balance Hídrico mensual correspondiente; a) condiciones medias (1981-2012); b) un año normal (2011); c) un año seco (2008) y d) un año húmedo (2004) para el área de estudio.

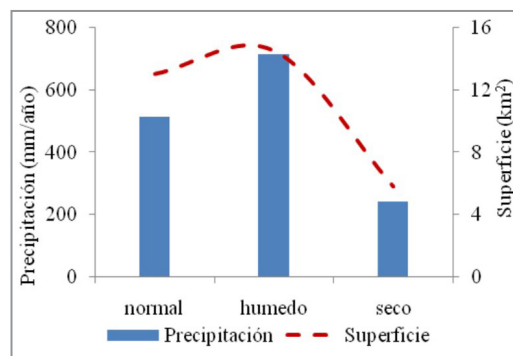
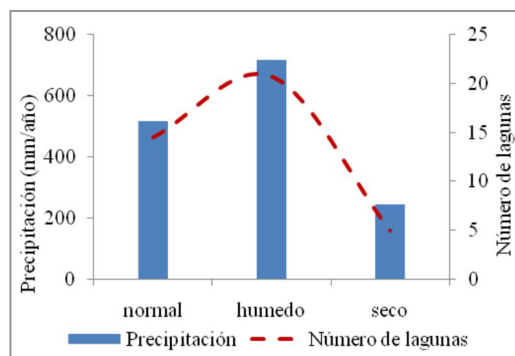


de las actividades sociales, económicas y ambientales tales como la erosión del suelo, salinización de las tierras bajo riego, mortandad de animales, disminución del área de cultivos (Ferrelli, 2011).

El año 2004 registró la segunda mayor precipitación del período estudiado con 709,7 mm. El déficit se redujo a los meses más cálidos (enero-marzo; septiembre-noviembre) con un total de 160,2 mm (Fig. 3d). Se observó un excedente de 70 mm (el máximo entre 1991-2011), de los cuales 63,3 mm corresponden al mes de mayores

precipitaciones (abril: 129 mm). El período de recarga se produjo entre los meses de mayo-junio y agosto-octubre.

Como resultado del análisis de la variabilidad de la precipitación y sus efectos sobre la morfometría de las lagunas del área de estudio se obtuvo que durante el año 2011 (considerado normal desde el punto de vista pluviométrico) el área cubierta por agua alcanzó el 0,28% del total de la cuenca (13,05 km<sup>2</sup> distribuidos en 15 cuerpos de agua) (Fig. 4). El número de cuerpos de agua correspondientes al año 2008 (seco)



**Figura 4:** Precipitación anual promedio en el área de estudio para años normales (2011), húmedos (2004) y secos (2008) en relación al número de cuerpos de agua presentes en cada caso (a) y al área cubierta por agua (lagunas) (b).

fue de 5 con un área total de 5,8 km<sup>2</sup>, lo cual representa sólo el 0,13% del área de estudio. En el año 2004 (húmedo) se obtuvo la mayor área ocupada por agua, alcanzando 14,54 km<sup>2</sup> (0,31% de la superficie total) y un total de 20 lagunas. El área media de las lagunas no superó el km<sup>2</sup>.

El análisis cuantitativo de lagunas permitió observar la variabilidad entre los ciclos húmedos secos y normales, tanto en el número de cuerpos de agua así como también en relación al área total en la que se extienden. Dichos parámetros se corresponden entre sí debido a que están directamente influenciados por el volumen de precipitaciones descritas en los balances hídricos para cada caso. Durante el período húmedo se evidenció un aumento en el número de cuerpos de

agua con respecto al año normal, mientras que la superficie disminuyó (Fig. 5).

Durante el año 2011 (normal) se realizó un análisis de agrupamiento de las lagunas en la cuenca inferior del río Colorado. Como resultado de la clasificación se obtuvieron 3 grupos. La mayor similitud fue calculada entre los grupos 1 y 3. El primero de ellos se caracterizó por lagunas cuyas extensiones areales superaron los 1.5 km<sup>2</sup>, de carácter permanente y forma circular. El segundo grupo incluyó lagunas intermitentes, de orientación LMT homogénea. El grupo restante estuvo formado por lagunas localizadas en el sector más húmedo del área de estudio (al Este de la isohieta de 500 mm) y de una orientación predominante Este-Oeste según la LMT (Fig. 6).

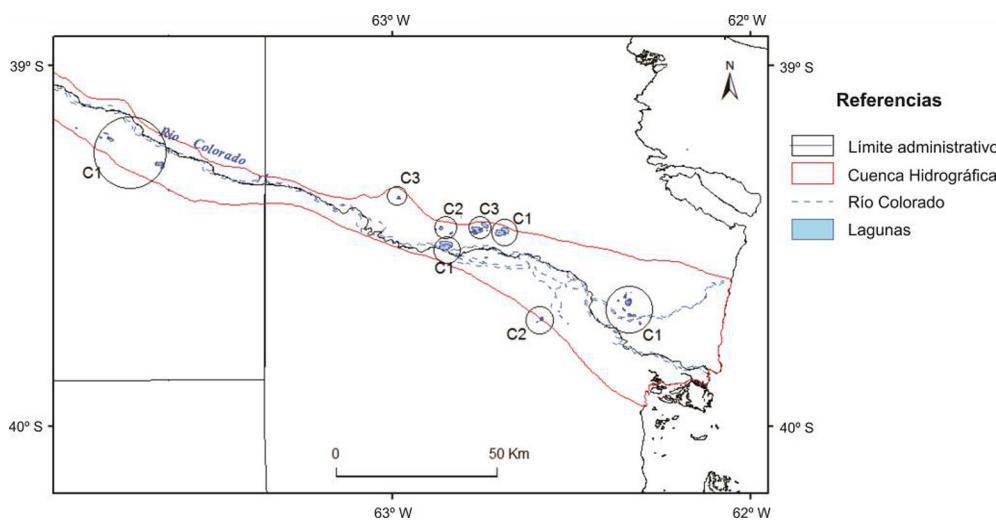


Figura 5. Agrupamiento de las lagunas mediante el método de cluster (C)

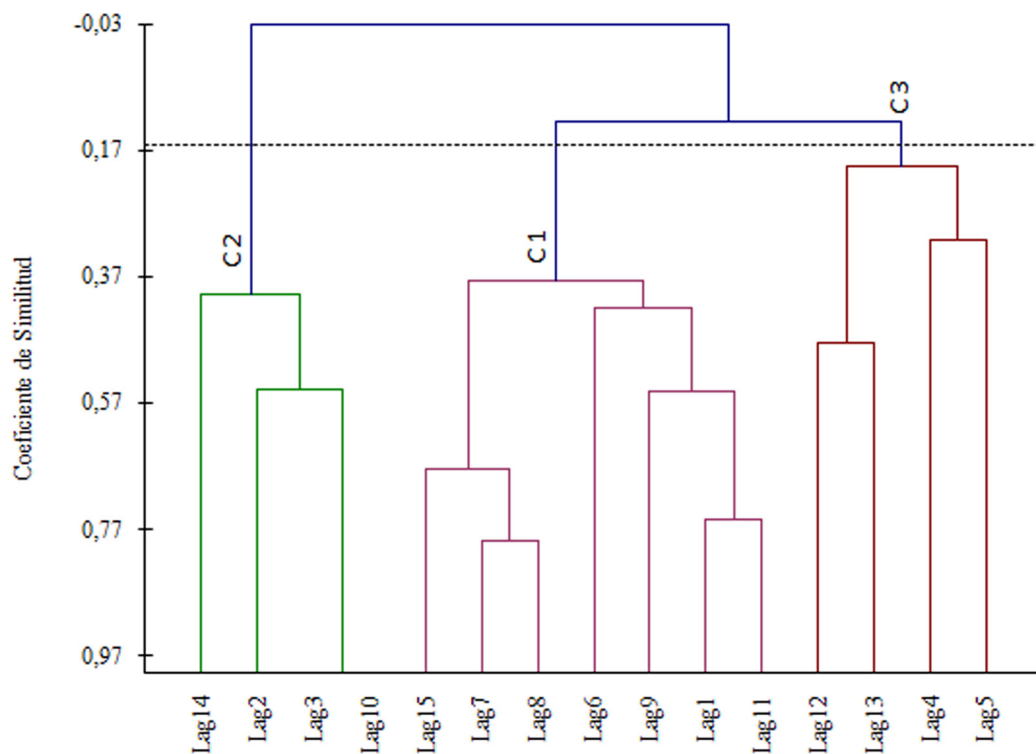


Figura 6. Agrupamiento de las lagunas (Cluster 1, 2, 3 = Grupo1, 2, 3).

## DISCUSIÓN

Durante las últimas décadas, a escala global, se han observado variaciones en los caudales de los cursos de agua así como la aceleración en los procesos de desecación de algunos lagos y de extrema inundación en otros (Wagner *et al.*, 2002; Jiang *et al.*, 2005). Habitualmente, las lagunas someras (en especial, las lagunas de llanura) alcanzan su máximo nivel durante los períodos más lluviosos (Vázquez *et al.*, 2003). La importancia de estos estudios radica en que las fluctuaciones en los niveles de agua así como también las variaciones en los parámetros morfométricos de los lagos afectan a los procesos ecológicos de los mismos (Zinger, 2000). En el área de estudio, dicha importancia se acentúa teniendo en cuenta la predominancia de actividades agrícolas.

En el área de estudio, las lagunas cuya área es menor a 1 km<sup>2</sup>, constituyen cuerpos de agua intermitentes que contribuyen a la salinización de suelos potencialmente productivos (Peinemann *et al.*, 1998). En el presente trabajo se determinó que, en un año de precipitación cercana a la media, el área total cubierta por agua alcanzó el 0,28% del total de la superficie estudiada. La misma se distribuyó en 15 cuerpos de agua. La mayor cobertura así como también la mayor densidad de lagunas se observaron fundamentalmente hacia el Oeste de la cuenca.

Por otro lado, la dinámica espacio-temporal de las lagunas en el área de estudio mostró una relación directa con el régimen de precipitación anual. Se logró establecer una relación entre las variaciones areales de los cuerpos de agua superficiales y los registros pluviométricos durante años de diferente régimen hídrico. Bohn *et al.* (2011) observaron la influencia de la precipitación en la morfometría de lagunas someras mediante la correlación de sus extensiones areales y los montos de precipitación en el sur de la provincia de Buenos Aires al

igual que Fornerón *et al.* (2008) lo enunció para la laguna La Salada, en cercanías de la ciudad de Bahía Blanca (pcia. de Buenos Aires). Geraldi *et al.* (2004) y Bohn *et al.* (2007) determinaron variaciones areales para las lagunas Malaver y Unamuno, respectivamente. En la primera de ellas, se determinó una velocidad de crecimiento areal de 1.84 km<sup>2</sup> mensuales. El aumento de su área estuvo directamente relacionado con el aumento de las precipitaciones (Geraldi *et al.*, 2004). En cuanto a la laguna Unamuno, las variaciones fueron estudiadas en relación al régimen pluviométrico de la región. Para ello se aplicó el Índice Estandarizado de Precipitación (IEP) y se definieron años normales, secos y húmedos (Bohn *et al.*, 2007). En ambos casos se demostró que el régimen pluviométrico tuvo incidencia directa en las variaciones espaciales de estos cuerpos de agua.

En la cuenca inferior del Río Colorado se observó que la variabilidad es mayor en el número de cuerpos de agua que en la superficie total de los mismos al igual que lo hallado para el sur de la provincia de Buenos Aires (Bohn, 2009). Durante el ciclo húmedo se detectó un mayor número de lagunas intermitentes en relación a las contabilizadas en ciclos normales y secos. Durante los períodos secos disminuyó la presencia de lagunas en detrimento del desarrollo de extensas salinas típicas en la región.

Durante las últimas décadas, en el área de estudio, el régimen de precipitaciones experimentó cierta variabilidad, lo cual es un fenómeno típico de la región pampeana (Quirós *et al.*, 2002). Esta variabilidad se manifestó principalmente en las variaciones areales de las lagunas a la vez que ha sido estudiada y observada en diferentes sectores de la región mediante el uso de técnicas de teledetección (Luque y Paoloni, 1995; Maizels *et al.*, 2003; Dukatz *et al.*, 2005; Renella y Quirós, 2006; Torremorel *et al.*,



2007; Canziani *et al.*, 2008; Fornerón *et al.*, 2010; Pérez *et al.*, 2010).

Estos estudios multitemporales sobre las variaciones de los espejos de agua lagunares son relevantes a escala regional fundamentalmente en relación al manejo del recurso agua en una zona semiárida. El conocimiento referido a lagunas en la región pampeana argentina constituye un importante aporte considerando que las principales actividades económicas y productivas del sector son la agricultura y la ganadería.

### AGRADECIMIENTOS

La realización de la presente investigación se llevó a cabo en el marco del Proyecto Redes CONICET Pampa<sup>2</sup>. Se agradece el apoyo del Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) y a la Universidad Nacional del Sur (UNS). Este trabajo se realizó con la ayuda de una subvención del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI) CRN3038 el cual cuenta con el apoyo de la Fundación Nacional de Ciencias de EE.UU (Grant GEO-1128040).

### BIBLIOGRAFÍA

- Allende, L., G. Tell, H. Zagarese, A. Torremorell, G. Pérez, J. Bustingorry, R. Escaray e I. Izaguirre. 2009. Phytoplankton and primary production in clear-vegetated, inorganic-turbid, and algal-turbid shallow lakes from the pampa plain (Argentina). *Hydrobiologia*, 624: 45-60.
- Alvarellos De Lell, E.E. y R.O. Hernández. 1982. Recursos hídricos pampeanos. Secretaría General de la Gobernación de La Pampa, Subsecretaría de Información Pública, Biblioteca Pampeana, Serie Folletos, 29/82, 61 pp.
- Bohn, V.Y., M.C. Piccolo y G.M.E. Perillo. 2007. Aplicación del índice estandarizado de precipitación en la Laguna Unamuno. *Geoacta* 32. 40: 75-81.
- Bohn, V.Y. 2009. Geomorfología e hidrografía de las lagunas del sur de la provincia de Buenos Aires. Tesis de Doctor en Geografía. Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía, 244 pp.
- Bohn, V.Y., M.C. Piccolo y G.M.E. Perillo. 2011. Análisis de los periodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de Climatología*. Vol. 11(2011): 31-43. ISSN 1578-8768 c.
- Bohn, V.Y., M.C. Piccolo, P.D. Pratolongo y G.M.E. Perillo. 2012. Evaluación del estado trófico de dos Lagunas Pampeanas (Argentina). *Ecología*, 24: 11-26.
- Cabrera, A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. En: *Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería*. 2° Ed. Acme. S.A.C.I. Buenos Aires, Tomo II, Fascículo 1, 85 pp.
- Capelli de Steffens, A. y A. Campo de Ferreras. 1994. La transición climática en el Sudoeste Bonaerense. *Revista SiGEO. Serie Monografías* 5. Departamento de Geografía. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina, 1-51.
- Canziani, G., R. Ferrati, C. Marinelli y F. Dukatz. 2008. Artificial neural networks and remote sensing in the analysis of the highly variable Pampean shallow lakes. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 5: 691-711.
- Coops, H., M. Beklioglu y T.M. Crisman. 2003. The role of water-level fluctuations in shallow lake ecosystems – workshop conclusions. *Hydrobiologia*. November 2003, 506-509, 1-3: 23-27.
- Dangavs, N. 2005. Los ambientes acuáticos de la provincia de Buenos Aires. Capítulo XIII. En: *Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino*, La Plata, 219-235.
- Dukatz, F., R. Ferrati y G. Canziani. 2005. Clasificación de lagos someros

- pampeanos mediante imágenes Landsat TM. *Biología Acuática*, 22: 95-101.
- Fernández Long, M.E., I.E. Barnatán, L.B. Spescha, R.H. Hurtado y G.M. Murphy. 2005. Caracterización de las heladas en la región pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires*, 25: 247-257.
- Ferrelli, F. 2011. La sequía 2008-2009 en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 62 pp.
- Ferrelli, F., V.Y. Bohn y M.C. Piccolo. 2012. Variabilidad de la precipitación y ocurrencia de eventos secos en el sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Libro de resúmenes y trabajos completos IX Jornadas Nacionales de Geografía Física, Bahía Blanca, 15-28.
- Fornerón, C.F. 2008. Hidrografía de la laguna La Salada, Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Tesina de grado. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 73 pp.
- Fornerón, C.F., M.C. Piccolo y M.E. Carbone. 2010. Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande (Argentina). *Huellas*, 14: 11-30.
- Geraldi, A. y M.C. Piccolo. 2004. Variación espacial de la laguna Melaver. (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Actas de V Jornadas Nacionales de Geografía Física. Fritschy B. (Edit.). Universidad Católica de Santa Fe. 111-118.
- Geraldi, A., M.C. Piccolo y G.M.E. Perillo. 2011. El rol de las lagunas bonaerenses en el paisaje pampeano. *Ciencia Hoy*, 21: 9-14.
- Hammer, U. T. 1986. Saline Lake Ecosystems of the World. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, 616 pp.
- Hutchinson, G.E. 1957. A treatise on limnology. New York. J. Wiley, Vol. I, 660 pp.
- Instituto Geográfico Militar. Levantamiento Topográfico 1967. Cartas Topográficas E:1: 50 000.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1989. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Instituto de suelos. INTA. Buenos Aires, 525 pp.
- Iriondo M. 1984. The Quaternary of northeastern Argentina. En Rabassa J (Ed.) Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, 2: 51-78.
- Iriondo M. 1989. Quaternary lakes of Argentina. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*. 70: 81-88.
- Jarvis, A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole - filled SRTM for the globe Version 4, Available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database (<http://srtm.csi.cgiar.org>).
- Jiang, L., X. Yua, H. Zhaoa e Y. Zhoua. 2005. China's Wetlands Restoration around Poyang Lake, Middle Yangtze: Evidences from Landsat TM/ETM Images. *IEEE*.
- Luque, J.A. y J.D. Paoloni. 1995. La alternancia de las inundaciones y sequías bonaerenses y su enfoque para una solución sostenida. Bahía Blanca. Universidad Nacional del Sur. Serie: Hidrología y riego, 26.
- Maizels, P., E. Etchepare, E. Chornomaz, J. Bustingorry, R. Escaray & V. Conzonno. 2003. Parámetros abióticos y biomasa planctónica en la Laguna Chascomús (Pcia de Buenos Aires). Período de inundación n 2002. *Biología Acuática*, 20: 6-11.
- Morello, J., S.D. Matteucci, A.F. Rodriguez y M.E. Silva. 2012. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. 1° ed. Orientación Gráfica Editora. Buenos aires, 750 pp.

- Peinmann, N., M. Díaz-Zurieta, M.B. Villamil, H. Lusarreta y D. Grunewald. 1998. Consecuencias del riego complementario sobre propiedades edáficas en la llanura pampeana. *Ciencias del suelo*. 16: 39-42.
- Pérez, G.L., A. Torremorell, J. Bustingorry, R. Escaray, P. Pérez, P. Diéguez, H. Zagarese. 2010. Optical characteristics of shallow lakes from the Pampa and Patagonia regions of Argentina. *Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters* 40 (1): 30-39.
- Quirós R., A. Rennella, M. Boveri, J. Rosso y A. Sosnovsky. 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral*, 12: 175-185.
- Quirós, R., M.B. Boveri, C.A. Petracchi, A.M. Rennella, J.J. Rosso, A. Sosnovsky y H.T. Von Bernard. 2006. Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas. Reunión de Eutrofización en América del Sur. Instituto Internacional de Ecología e Gerenciamento Ambiental, Academia Brasileira de Ciências, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, InterAcademy Panel on International Issues, InterAmerican Network of Academies of Sciences.
- Renella, A.M. y R. Quirós. 2006. The effects of hydrology on plankton biomass in shallow lakes of the Pampa Plain. *Hydrobiologia* 556: 181-191.
- Rodriguez Capitulo, A., N. Gómez, A. Giorgi y C. Feijoo. 2010. Global changes in pampean lowland streams (Argentina): implications for diversity and functioning. *Hydrobiologia* (2010) 657: 53-70.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos e Instituto Nacional del Agua (INA). 2002. Atlas digital de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina. CD-ROM. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Buenos Aires.
- Schwartz, S.S. y D.G. Jenkins. 2000. Temporary aquatic habitats: constraints and opportunities. *Aquatic Ecology*, 34: 3-8.
- Thornthwaite, C.W. y J.R. Mather. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the Water Balance. Publications in Climatology 10, (3). Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology. Centerton, New Jersey. 10: 181-311.
- Torremorel, A., J. Bustingorry, R. Escaray y H. Zagarese. 2007. Seasonal dynamics of a large, shallow lake, laguna Chascomús: The role of light limitation and other physical variables. *Limnológica*, 37: 100-108.
- Urrieta, R., A. Lara y R. Villalba. 2005. ¿Cómo ha variado la disponibilidad de agua en la ecorregión de los bosques valdivianos en los últimos siglos? *Revista Ambiente y Desarrollo*, 21(3): 48-57.
- Vázquez, P., M. Verni, E. Usunoff, M. Gandini e I. Extraigas. 2003. Identificación de patrones de anegamiento en la Cuenca del arroyo del Azul mediante el uso de imágenes LANDSAT. *Revista de la Asociación española de teledetección*. 19, 43-49.
- Wagner, G., H. Schröder y J. Gurtz. 2002. A model approach for in- and outflow calculation of upper lake constance: An investigation of a 60 year time span and observations about the flood of 1999. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, 32 (1): 27-32.
- Zinger, A. 2000. Relación sociedad naturaleza en ecosistemas de clima templado semiárido. Caso Laguna Chasicó. Provincia de Buenos Aires. Tesis de Magíster. Universidad de Mar del Plata.